



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift
DE 3723354 A1

⑤ Int. Cl. 4:
C07C 141/08
C 11 D 1/29

②1 Aktenzeichen: P 37 23 354.8
②2 Anmeldetag: 15. 7. 87
④3 Offenlegungstag: 26. 1. 89

Patentamt
Düsseldorf

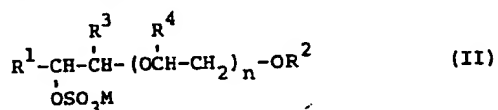
DE 3723354 A1

⑦1 Anmelder:
Henkel KGaA, 4000 Düsseldorf, DE

⑦2 Erfinder:
Schenker, Gilbert, Dr., 4006 Erkrath, DE; Pierr,
Robert, Dr., 4030 Ratingen, DE; Lüttge, Sabine, 4050
Mönchengladbach, DE

⑤4 Sulfatierte Hydroxy-Mischether, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung

Die Erfindung betrifft sulfatierte Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolether der allgemeinen Formel (II)



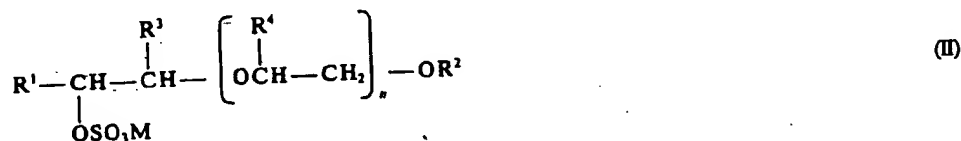
in der
R¹ für einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
R² für einen linearen oder verzweigten, gesättigten Alkylrest mit 1 bis 22 C-Atomen,
R³ für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
R⁴ für Wasserstoff oder eine Methylgruppe,
M für Wasserstoff, Ammonium, Alkylammonium, Alkanolammonium, worin die Alkyl- und Alkanolreste je 1 bis 4 C-Atome haben, oder ein einwertiges Metallatom und
n für eine Zahl im Bereich von 0 bis 12
stehen, mit der Maßgabe, daß die Gesamtzahl der in R¹ und R³ enthaltenen C-Atome 6 bis 16 beträgt, sowie Mischungen mehrerer derartiger Verbindungen, ein Verfahren zur Herstellung der Verbindungen der allgemeinen Formel (II) aus den entsprechenden Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolethern durch Umsetzung mit gasförmigem Schwefeldioxid oder Chlorsulfonsäure bei

erhöhter Temperatur sowie die Verwendung der sulfatierten Verbindungen oder ihrer Mischungen als Netzmittel und Waschmittelrohstoffe bzw. Reinigungsmittelrohstoffe.

DE 3723354 A1

Patentansprüche

1. Sulfatierte Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolether der allgemeinen Formel (II)



in der

- R^1 für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R^2 für einen linearen oder verzweigten, gesättigten Alkylrest mit 1 bis 22 C-Atomen,
 R^3 für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R^4 für Wasserstoff oder eine Methylgruppe,
 M für Wasserstoff, Ammonium, Alkylammonium, Alkanolammonium, worin die Alkyl- und Alkanolreste je 1 bis 4 C-Atome haben, oder ein einwertiges Metallatom und
 n für eine Zahl im Bereich von 0 bis 12

stehen, mit der Maßgabe, daß die Gesamtzahl der in R^1 und R^3 enthaltenen C-Atome 6 bis 16 beträgt, sowie Mischungen mehrerer derartiger Verbindungen.

2. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Anspruch 1, in der R^1 für einen linearen Alkylrest mit 8 bis 12 C-Atomen und R^3 für Wasserstoff steht.

3. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Ansprüchen 1 und 2, in der R^2 für lineare, gesättigte Alkylreste mit 1 bis 22 C-Atomen steht.

4. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Anspruch 3, in der R^2 für lineare gesättigte Alkylreste mit 1 bis 12 C-Atomen, bevorzugt mit 1 bis 4 C-Atomen, steht.

5. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Ansprüchen 1 bis 4, in der R^3 und R^4 für Wasserstoff stehen.

6. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Ansprüchen 1 bis 5, in der M für ein Alkalimetallatom, eine Ammoniumgruppe, eine $\text{C}_1 - \text{C}_2$ -Alkylammoniumgruppe oder eine $\text{C}_1 - \text{C}_2$ -Alkanolammoniumgruppe steht.

7. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Anspruch 6, in der M für Natrium oder Kalium steht.

8. Verbindungen der allgemeinen Formel (II) nach Ansprüchen 1 bis 7, in der n für eine Zahl im Bereich von 1 bis 12, bevorzugt von 1 bis 5, steht.

9. Verfahren zur Herstellung von sulfatierten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolethern der allgemeinen Formel (II)



in der

- R^1 für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R^2 für einen linearen oder verzweigten, gesättigten Alkylrest mit 1 bis 22 C-Atomen,
 R^3 für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R^4 für Wasserstoff oder eine Methylgruppe,
 M für Wasserstoff, Ammonium, Alkylammonium, Alkanolammonium, worin die Alkyl- und Alkanolreste je 1 bis 4 C-Atome haben, oder ein einwertiges Metallatom und
 n für eine Zahl im Bereich von 0 bis 12

stehen, sowie von Mischungen mehrerer derartiger Verbindungen, dadurch gekennzeichnet, daß man

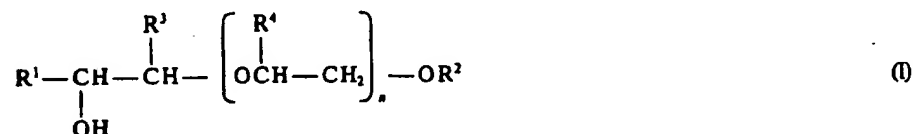
(a) Epoxide der allgemeinen Formel (III)



in der R^1 und R^3 die oben angegebenen Bedeutungen haben, mit Alkoholalkoxylaten der allgemeinen Formel (IV)



in der R^2 , R^4 und n die oben angegebenen Bedeutungen haben, bei erhöhter Temperatur in Gegenwart eines Katalysators zu Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolethern der allgemeinen Formel (I)



in der R^1 , R^2 , R^3 , R^4 und n die oben angegebenen Bedeutungen haben, oder deren Mischungen umsetzt,
 (b) die so erhaltenen Verbindungen (I) oder deren Mischungen bei erhöhter Temperatur mit einem Sulfatierungsreagenz zur Umsetzung bringt,
 (c) das rohe Sulfierprodukt in eine wäßrige basische Lösung einträgt und das Gemisch bei erhöhter Temperatur hält,
 (d) das Gemisch auf einen pH-Wert im neutralen bzw. schwach alkalischen Bereich bringt und
 (e) die so erhaltenen Produkte (II) oder deren Mischungen gewünschtenfalls in an sich bekannter Weise aus dem Reaktionsgemisch isoliert.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß man Epoxide der allgemeinen Formel (III), in der R^1 für einen linearen Alkylrest mit 8 bis 12 C-Atomen und R^3 für Wasserstoff steht, in die Reaktion einsetzt.

11. Verfahren nach Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß man Epoxide der allgemeinen Formel (III) in die Reaktion einsetzt, in der R^3 für H steht.

12. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß man Alkoholalkoxyate der allgemeinen Formel (IV) in die Reaktion einsetzt, in der R^2 für lineare, gesättigte Alkylreste mit 1 bis 22 C-Atomen steht.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß man Verbindungen der allgemeinen Formel (IV) in die Reaktion einsetzt, in der R^2 für lineare gesättigte Alkylreste mit 1 bis 12 C-Atomen, bevorzugt mit 1 bis 4 C-Atomen, steht.

14. Verfahren nach Ansprüchen 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß man Verbindungen der allgemeinen Formel (IV) in die Reaktion einsetzt, in der R^4 für H steht.

15. Verfahren nach Ansprüchen 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß man Verbindungen der allgemeinen Formel (IV) in die Reaktion einsetzt, in der n für eine Zahl im Bereich von 1 bis 5 steht.

16. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß man für die Umsetzung der Verbindungen der allgemeinen Formel (III) mit den Verbindungen der allgemeinen Formel (IV) ein Molverhältnis (III) : (IV) im Bereich von ca. 1 : 1 wählt.

17. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß man die Reaktion bei Temperaturen im Bereich von 100 bis 180° C, bevorzugt im Bereich von 120 bis 160° C durchführt.

18. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß man einen Katalysator in einer Menge von 0,01 bis 2,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Reaktionsgemisches, verwendet.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß man als Katalysator Alkalimetallalkoholate, Schwefelsäure oder Bortrifluoridetherat verwendet.

20. Verfahren nach Ansprüchen 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß man als Katalysator Natriummethanolat verwendet.

21. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß man als Sulfatierungsreagenz gasförmiges Schwefeltrioxid oder Chlorsulfonsäure verwendet.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß man das gasförmige Schwefeltrioxid als Sulfatierungsreagenz mit unter Reaktionsbedingungen inerten Gasen verdünnt.

23. Verfahren nach Ansprüchen 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, daß man das gasförmige Schwefeltrioxid als Sulfatierungsreagenz mit Luft oder Stickstoff verdünnt.

24. Verfahren nach Ansprüchen 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß man das gasförmige Schwefeltrioxid als Sulfatierungsreagenz mit Luft oder Stickstoff auf einen Anteil von 1 bis 10 Vol.-% SO_3 verdünnt.

25. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß man die Sulfatierungsreaktion bei Temperaturen im Bereich von 10 bis 40° C durchführt.

26. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß man das rohe Sulfierprodukt in eine wäßrige, Alkalimetallhydroxid oder eine Lösung mit Ammoniak, einem oder mehreren C_1 - und/oder C_2 -Alkylaminen und/oder einem oder mehreren C_1 - und/oder C_2 -Alkanoleminen als basischen Komponenten, bevorzugt Natriumhydroxid, enthaltende Lösung einträgt.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß man das rohe Sulfierprodukt in eine wäßrige, Natriumhydroxid enthaltende Lösung einträgt, die 1,0 bis 1,3 Mol Natriumhydroxid pro Mol angelagertes

SO₃ enthält.

28. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß man die Reaktionsmischung bei einer Temperatur im Bereich von 60 bis 100°C hält.

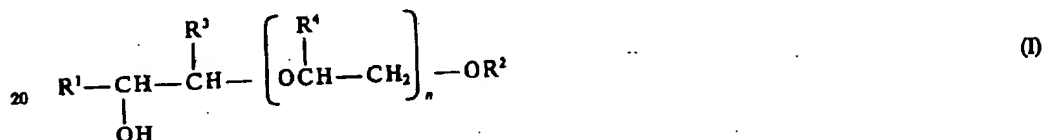
29. Verfahren nach Ansprüchen 9 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß man das Reaktionsgemisch mit verdünnten Mineralsäuren neutralisiert.

30. Verwendung der sulfatierten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolether der allgemeinen Formel (II) nach Ansprüchen 1 bis 8 oder ihrer Mischungen als Netzmittel und Waschmittelrohstoffe bzw. Reinigungsmittelrohstoffe.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft sulfatierte Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolether und ihre Gemische, Verfahren zur Herstellung derartiger Verbindungen bzw. ihrer Gemische und ihre Verwendung als Netzmittel und Waschmittelrohstoffe.

Hydroxyalkylpolyethylen- bzw. Hydroxyalkylpolypropylenglykolether der allgemeinen Formel (I)



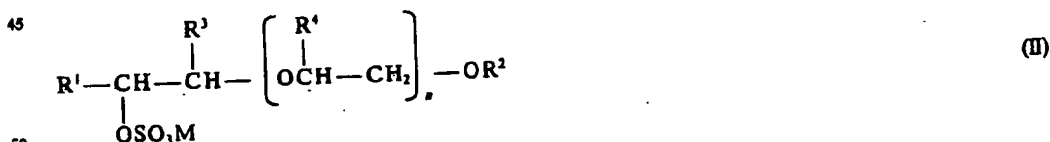
sind aus dem Stand der Technik bekannt. So werden in der DE-OS 33 45 349 Verbindungen der allgemeinen Formel (I), in der

- R¹ einen geradkettigen Alkylrest mit 6 bis 16 C-Atomen,
 R² einen geradkettigen oder verzweigten Alkylrest mit 4 bis 8 C-Atomen,
 R³ Wasserstoff oder einen Alkylrest mit 1 bis 8 C-Atomen,
 R⁴ Wasserstoff und
 n eine Zahl von 7 bis 12

bedeuten, mit der Maßgabe, daß die Gesamtzahl der in R¹ und R³ enthaltenen C-Atome 6 bis 16 beträgt, sowie die Verwendung derartiger Verbindungen als schaumdrückende Zusätze für schaumarme Reinigungsmittel beschrieben.

Es wurde gefunden, daß man Hydroxyalkylpolyethylen- bzw. Hydroxyalkylpolypropylenglykolether des Typs (I) mit guten Ergebnissen sulfatieren kann und dabei sulfatierte Hydroxy-Mischether erhält, die sich nicht nur hervorragend als Netzmittel und Waschmittelrohstoffe mit geringer Schaumneigung eignen, sondern auch hinsichtlich ihrer Toxizität völlig unbedenklich sind und den geltenden Vorschriften zu entsprechen vermögen. Die erfindungsgemäßen Verbindungen lassen sich auch weitgehend biologisch abbauen, so daß keine ökologischen Bedenken gegen ihre Verwendung bestehen.

Die Erfindung betrifft sulfatierte Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolether der allgemeinen Formel (II)

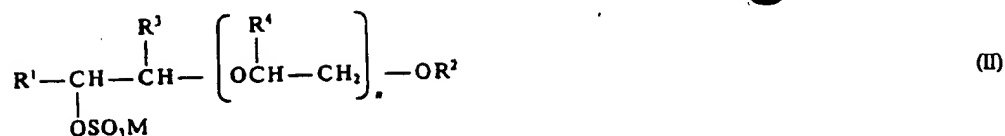


in der

- R¹ für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R² für einen linearen oder verzweigten, gesättigten Alkylrest mit 1 bis 22 C-Atomen,
 R³ für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R⁴ für Wasserstoff oder eine Methylgruppe,
 M für Wasserstoff, Ammonium, Alkylammonium, Alkanolammonium, worin die Alkyl- und Alkanolreste je 1 bis 4 C-Atome haben, oder ein einwertiges Metallatom und
 n für eine Zahl im Bereich von 0 bis 12

stehen, mit der Maßgabe, daß die Gesamtzahl der in R¹ und R³ enthaltenen C-Atome 6 bis 16 beträgt, sowie Mischungen mehrerer derartiger Verbindungen.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung von sulfatierten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolethern der allgemeinen Formel (II)



in der

- R^1 für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R^2 für einen linearen oder verzweigten, gesättigten Alkylrest mit 1 bis 22 C-Atomen,
 R^3 für Wasserstoff oder einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen,
 R^4 für Wasserstoff oder eine Methylgruppe,
 M für Wasserstoff, Ammonium, Alkylammonium, Alkanolammonium, worin die Alkyl- und Alkanolreste je 1 bis 4 C-Atome haben, oder ein einwertiges Metallatom und
 n für eine Zahl im Bereich von 0 bis 12

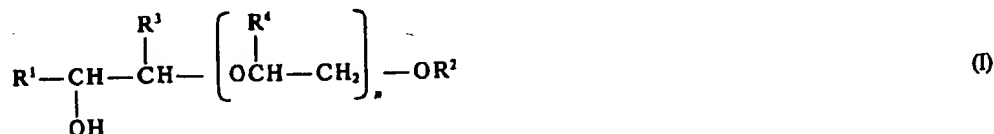
stehen, mit der Maßgabe, daß die Gesamtzahl der in R^1 und R^3 enthaltenen C-Atome 6 bis 16 beträgt sowie von Mischungen mehrerer derartiger Verbindungen, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man Epoxide der allgemeinen Formel (III)



in der R^1 und R^3 die oben angegebenen Bedeutungen haben, mit Alkoholalkoxyaten der allgemeinen Formel (IV)



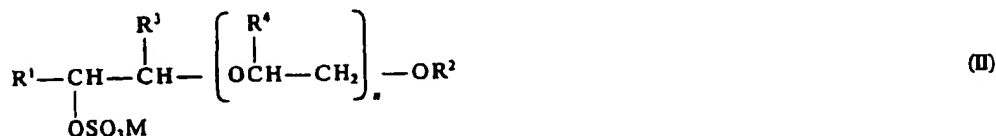
in der R^2 , R^4 und n die oben angegebenen Bedeutungen haben, bei erhöhter Temperatur in Gegenwart eines Katalysators zu Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolethern der allgemeinen Formel (I)



in der R^1 , R^2 , R^3 , R^4 und n die oben angegebenen Bedeutungen haben, oder deren Mischungen umsetzt, die so erhaltenen Verbindungen (I) oder deren Mischungen bei erhöhter Temperatur mit einem Sulfatierungsreagenz zur Umsetzung bringt, das rohe Sulfierprodukt in eine wäßrige basische Lösung einträgt und das Gemisch bei erhöhter Temperatur hält, das Gemisch auf einen pH-Wert im neutralen bzw. schwach alkalischen Bereich bringt und die so erhaltenen Produkte (II) oder deren Mischungen gewünschtenfalls in an sich bekannter Weise aus dem Reaktionsgemisch isoliert.

Die Erfindung betrifft außerdem die Verwendung der sulfatierten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolether der allgemeinen Formel (II) oder ihrer Mischungen als Netzmittel und als Waschmittelrohstoffe.

Die erfindungsgemäßen sulfatierten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykolether entsprechen der allgemeinen Formel (II)



In der allgemeinen Formel (II) steht R^1 für einen linearen Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen. Es kommen also für die erfindungsgemäßen Verbindungen als Substituent R^1 die Reste Methyl, Ethyl, n-Propyl, n-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, n-Undecyl, n-Dodecyl, n-Tridecyl, n-Tetradecyl, n-Pentadecyl und

n-Hexadecyl in Frage.

Die Bedeutung von R^3 in der oben genannten allgemeinen Formel (II) ist Wasserstoff oder ein linearer Alkylrest mit 1 bis 16 C-Atomen. Neben Wasserstoff kommen also für R^3 dieselben Alkylreste wie für R^1 in Frage.

In bevorzugten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolethern der allgemeinen Formel (II) steht R^1 für lineare Alkylreste mit 8 bis 12 C-Atomen und R^3 für Wasserstoff.
In der oben genannten allgemeinen Formel (II) steht R^2 erfindungsgemäß für einen linearen oder verzweigten, gesättigten Alkylrest mit 1 bis 22 C-Atomen. Es kommen somit als Substituent R^2 die Reste Methyl, Ethyl, n-Propyl, n-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, n-Undecyl, n-Dodecyl, n-Tridecyl, n-Tetradecyl, n-Pentadecyl, n-Hexadecyl, n-Heptadecyl, n-Octydecyl, n-Nonadecyl, n-Eicosyl, n-Unecicosyl und n-Docosyl sowie die verzweigt-kettigen Isomeren der genannten Alkylreste in Frage.

In einer bevorzugten Ausführungsform steht R^2 für lineare, gesättigte Alkylreste mit 1 bis 22 C-Atomen. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform umfaßt sulfatierte Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolether der allgemeinen Formel (II), in der R^2 für lineare, gesättigte Alkylreste mit 1 bis 12 C-Atomen, bevorzugt für solche Alkylreste mit 1 bis 4 C-Atomen, steht.

In der oben genannten allgemeinen Formel (II), die die erfindungsgemäßen Verbindungen repräsentiert, steht R^4 für Wasserstoff oder eine Methylgruppe, wobei die Bedeutung "Wasserstoff" für R^4 bevorzugt ist.

In der allgemeinen Formel (II) hat n die Bedeutung einer Zahl von 0 bis 12, wobei der Bereich von 1 bis 5 für n bevorzugt ist. Dies bedeutet, daß in den erfindungsgemäßen Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolethern 0 bis 12 Ethoxy- oder Propoxyreste, bevorzugt 1 bis 5 Ethoxy- bzw. Propoxyreste in die Molekülkette eingebaut sind. Es ist jedoch auch möglich, daß in den genannten Verbindungen Ethoxyreste und Propoxyreste nebeneinander in beliebigem Verhältnis und beliebiger Reihenfolge in die Molekülkette eingebaut sind; derartige gemischte Ether fallen ebenfalls unter die allgemeine Formel (II).

Die Bedeutung von M in der oben genannten allgemeinen Formel (II) ist Wasserstoff, Ammonium, Alkylammonium, Alkanolammonium oder ein einwertiges Metall, wobei die Alkyl- und Alkanolreste der genannten organischen Ammoniumionen je 1 bis 4 C-Atome haben können. In Verbindungen der allgemeinen Formel (II), die gemäß der Erfindung bevorzugt sind, steht M für ein Alkalimetall, wobei besonders bevorzugt solche Verbindungen (II) sind, in denen M für Natrium oder Kalium steht.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Verbindungen gegenüber anderen eingesetzten Netzmitteln und Waschmittelrohstoffen aus dem Stand der Technik ist, daß sie nicht zur Schaumbildung neigen und ein vergleichbares, wenn nicht ein besseres Netzvermögen als die meisten Verbindungen aus dem Stand der Technik aufweisen.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen der allgemeinen Formel (II) sind jedoch auch — was mit der vorliegenden Erfindung hauptsächlich angestrebt war — hervorragend biologisch abbaubar. Sogar im GF-Test (GF = geschlossene Flasche), der im Vergleich zu den sonst üblichen Prüfmethoden sehr viel höhere Anforderungen an die biologische Abbaubarkeit der getesteten Verbindungen stellt, werden sehr gute Ergebnisse erreicht: Die Verbindungen weisen BSB₃₀-Werte von z. T. deutlich über 60% auf. Die Verbindungen gemäß der Erfindung erfüllen damit die geltenden gesetzlichen Vorschriften. Eine Beeinträchtigung der Abwässer bei Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen der allgemeinen Formel (II) ist also nicht zu befürchten.

Von der vorliegenden Erfindung werden auch Mischungen mehrerer Verbindungen der allgemeinen Formel (II) erfaßt, die gemäß dem nachfolgend beschriebenen Herstellungsverfahren erhalten werden. Mischungen mehrerer Verbindungen (II) entstehen insbesondere dann, wenn schon Vorstufen im Rahmen des industriellen Verfahrens in Form von Mischungen mehrerer gleichartiger Verbindungen anfallen; die Weiterbehandlung solcher Mischungen führt dann in der Regel nicht zu einem einheitlichen Reaktionsprodukt, sondern wiederum zu Produktmischungen, deren Bestandteile jedoch homologe Strukturen aufweisen und sich in ihren Eigenschaften nur geringfügig unterscheiden. So werden beispielsweise Mischungen von Verbindungen (II) von der vorliegenden Erfindung mit umfaßt, die einen unterschiedlichen Ethoxylierungs- oder Propoxylierungsgrad aufweisen, in denen also n in der allgemeinen Formel (II) über einen mehr oder weniger großen Bereich streut.

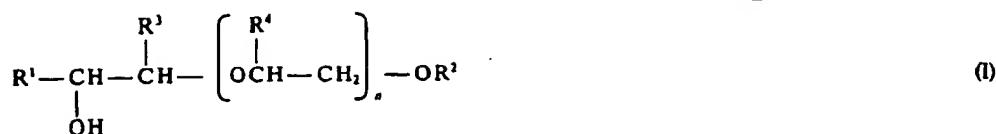
Die sulfatierten Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolether der allgemeinen Formel (II) sowie auch ihre Mischungen werden dadurch hergestellt, daß man Epoxide der allgemeinen Formel (III)



in der R^1 und R^3 die oben angegebenen Bedeutungen haben, mit Alkoholalkoxyaten der allgemeinen Formel (IV)



in der R^2 , R^4 und n die oben angegebenen Bedeutungen haben, bei erhöhter Temperatur in Gegenwart eines Katalysators zu Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylen glykolethern der allgemeinen Formel (I)



in der R^1 , R^2 , R^3 , R^4 und n die oben angegebenen Bedeutungen haben, oder deren Mischungen umsetzt, die Verbindungen (I) oder deren Mischungen gegebenenfalls in an sich bekannter Weise aus dem Reaktionsgemisch isoliert, die so erhaltenen Verbindungen (I) oder deren Mischungen bei erhöhter Temperatur mit einem Sulfatierungsreagenz zur Umsetzung bringt, das rohe Sulfierprodukt in eine wäßrige basische Lösung einträgt und das Gemisch bei erhöhter Temperatur hält, das Gemisch auf einen pH-Wert im neutralen bzw. schwach alkalischen Bereich bringt und die so erhaltenen Produkte (II) oder deren Mischungen gewünschtenfalls in an sich bekannter Weise aus dem Reaktionsgemisch isoliert.

Ausgangsstoffe des Verfahrens zur Herstellung der Verbindungen der allgemeinen Formel (II) sind also einerseits Epoxide der allgemeinen Formel (III). Derartige Epoxide entstehen aus auf petrochemischem Wege in großen Mengen erhältlichen Olefinen, in der Mehrzahl der Fälle Monoolefinen, durch an sich bekannte Epoxidationsreaktionen, beispielsweise durch Umsetzungen der genannten Olefine mit Percarbonsäuren oder ähnlichen, Epoxide bildenden Reagenzien. Epoxide (III) im Sinne der vorliegenden Erfindung können 1,2-Epoxide sein. In derartigen endständigen Epoxiden, die erfindungsgemäß bevorzugt sind, steht R^3 für Wasserstoff, und R^1 in der allgemeinen Formel (III) steht für einen linearen Alkylrest mit 6 bis 16, bevorzugt mit 8 bis 12 C-Atomen. Es ist jedoch in dem erfindungsgemäßen Verfahren auch möglich, Epoxide mit nicht endständigen Oxiranringen in die Reaktion einzusetzen.

Reaktionspartner der oben beschriebenen Epoxide der allgemeinen Formel (III) sind Alkoholalkoxylate der allgemeinen Formel (IV). Derartige Verbindungen (IV) entstehen auf an sich bekanntem Wege aus Alkoholen und Olefinepoxiden. Im vorliegenden Fall werden unter Alkoholalkoxylaten der allgemeinen Formel (IV) die Verbindungen verstanden, die aus den entsprechenden Alkoholen und Ethylenoxid bzw. Propylenoxid entstehen. Bevorzugte Reaktionspartner in dem vorliegenden Verfahren sind Alkoholalkoxylate der allgemeinen Formel (IV), in der R^2 für lineare, gesättigte Alkylreste mit 1 bis 22 C-Atomen steht. Die für diese Bedeutung von R^2 möglichen Alkylreste sind oben im Zusammenhang mit den Verbindungen der allgemeinen Formel (II) aufgeführt. Mit Vorteil sind die Verbindungen verwendbar, in denen R^2 in der allgemeinen Formel (IV) einen gesättigten linearen Alkylrest mit 1 bis 12 C-Atomen, bevorzugt mit 1 bis 4 C-Atomen bedeutet. Das heißt im Rahmen der vorliegenden Erfindung, daß zur Herstellung der Edukte für die Herstellung der erfindungsgemäß einzusetzenden Alkoholalkoxylate der allgemeinen Formel (IV) am meisten bevorzugt Alkohole mit 1 bis 4 C-Atomen mit Alkylnoxiden wie Ethylenoxid oder Propylenoxid umgesetzt werden. Darunter fallen also in diesem Fall Alkohole aus der Gruppe Methanol, Ethanol, n-Propanol und n-Butanol. Alkohole aus dieser Gruppe werden — in diesem bevorzugten Fall — mit Alkylnoxiden, insbesondere mit Ethylenoxid oder Propylenoxid, umgesetzt, wobei dann die besonders bevorzugten Alkoholalkoxylate der allgemeinen Formel (IV) entstehen. Bevorzugt sind in diesem Teil die Umsetzungsprodukte mit Ethylenoxid, so daß in den erfindungsgemäß einsetzbaren Alkoholalkoxylaten (IV) R^4 bevorzugt die Bedeutung "H" hat. Das Umsetzungsverhältnis, das auch letztlich die Zahl der Alkoxygruppen im Molekül der Verbindungen der allgemeinen Formel (IV) bestimmt, liegt im Bereich 1 : 1 bis 1 : 12, so daß — sofern n in der oben genannten allgemeinen Formel (IV) nicht gleich Null ist — n einen Wert im Bereich von 1 bis 12 annimmt. Ein bevorzugter Bereich für n ist der von 1 bis 5.

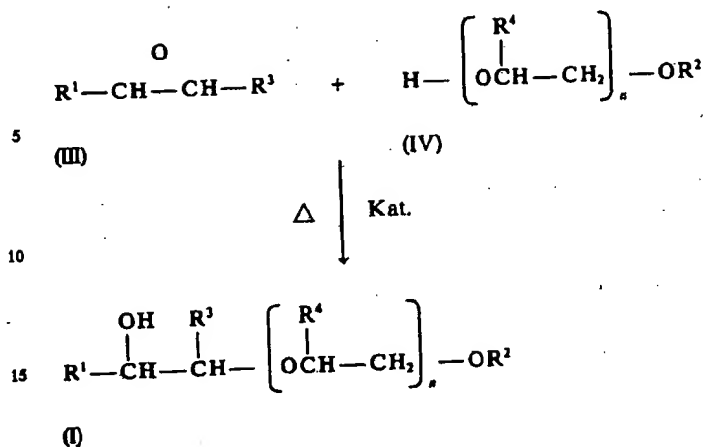
Zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Verfahren sind auch solche Alkoholalkoxylate geeignet, in denen die wiederkehrende Einheit aus Ethoxy- und Propoxyresten in beliebigem Verhältnis und in beliebiger Reihenfolge in der Kette besteht, solange die Zahl n für die wiederkehrenden Einheiten im oben genannten Bereich liegt.

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung der Verbindungen der allgemeinen Formel (II) wird bei der Umsetzung von (III) mit (IV) ein Molverhältnis im Bereich von ca. 1 : 1 eingestellt.

Die genannte Umsetzung wird bei erhöhter Temperatur durchgeführt. Dies bedeutet erfindungsgemäß, daß das Reaktionsgemisch — unter Umständen unter Schutzgas — auf Reaktionstemperaturen im Bereich von 100 bis 180°C erhitzt wird, bei denen dann die Umsetzung in hinreichender Geschwindigkeit mit befriedigender Ausbeute stattfindet. Dabei wird ein Temperaturbereich von 120 bis 160°C bevorzugt.

Das Verfahren zur Herstellung der Hydroxyalkylpolyethylen- und Hydroxyalkylpolypropylenglykole der allgemeinen Formel (I) wird in Gegenwart eines Katalysators durchgeführt. Ausreichend zur Durchführung der Reaktion ist eine Katalysatormenge im Bereich von 0,01 bis 2,0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Reaktionsgemisches. Es können erfindungsgemäß sowohl saure als auch basische Katalysatoren verwendet werden. Bevorzugte Katalysatorsysteme sind Alkalimetallalkoholate, Mineralsäuren wie H_2SO_4 oder Lewis-Säuren wie BF_3 -Etherat. Bevorzugter Katalysator in dem erfindungsgemäßen Verfahren ist Natriummethanolat.

Der erste Schritt des Verfahrens gemäß der Erfindung wird durch das nachfolgende Reaktionsschema verdeutlicht.



Wie voranstehend schon angedeutet wurde, entstehen im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechend dem vorstehenden Reaktionsschema nicht nur Einzelverbindungen der allgemeinen Formel (I), sondern auch Mischungen derartiger Verbindungen. Dies resultiert zum einen daraus, daß in bestimmten Fällen die Öffnung des Oxiranrings des eingesetzten Epoxids in zwei verschiedenen Richtungen erfolgen kann und dadurch die Bildung unterschiedlicher Produkte möglich ist, zum anderen jedoch auch daraus, daß schon als Edukte unter Umständen Substanzgemische eingesetzt werden. So führt die Umsetzung der Alkohole mit Alkylenoxiden in bestimmten Molverhältnissen nicht zu einem einheitlichen Produkt; vielmehr entstehen Produktgemische verschiedener Verbindungen (IV) mit einer mehr oder weniger breiten Verteilung der Zahl der Alkoxygruppen im Molekül, d. h. einer mehr oder weniger breiten Streuung von n in der allgemeinen Formel (IV). Der Einsatz von Gemischen der Alkoholalkoxylate (IV) in das erfindungsgemäße Verfahren muß dann auch ein Gemisch von Produkten (I) zur Folge haben. Auch solche Produktgemische sowie Verfahren zur Herstellung derartiger Gemische werden von der vorliegenden Erfindung mit umfaßt.

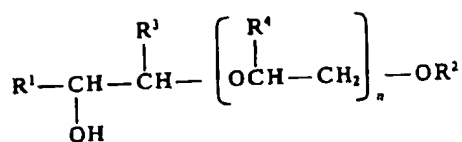
Der zweite Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der Umsetzung der in der ersten Verfahrensstufe erhaltenen Verbindungen (I) oder deren Mischungen mit einem Sulfatierungsreagenz. Diese Reaktion findet bei erhöhter Temperatur statt. So wird die Sulfatierungsreaktion — je nach dem verwendeten Sulfatierungsreagenz — mit Vorteil im Temperaturbereich von 10 bis 40° C durchgeführt.

Als Sulfatierungsreagenzien können in dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Vielzahl von Verbindungen eingesetzt werden. Mit besonderem Vorteil werden als Sulfatierungsreagenzien Chlorsulfonsäure oder — was besonders bevorzugt ist — gasförmiges Schwefeltrioxid verwendet. Gasförmiges SO_3 wird beispielsweise dadurch in das Reaktionssystem, das die Verbindung (I) oder deren Mischungen enthält, eingeführt, daß man es, beispielsweise mit Hilfe eines Tauchrohres, aus Oleum, also überkonzentrierter bzw. mit SO_3 angereicherter Schwefelsäure, austreibt.

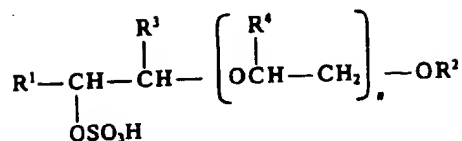
In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens läßt sich der Reaktionsverlauf dadurch steuern, daß man das als Sulfatierungsreagenz verwendete gasförmige Schwefeltrioxid mit unter den Reaktionsbedingungen inerten Gasen verdünnt. Dadurch wird insbesondere eine Temperatursteuerung der Reaktion erleichtert.

Als unter Reaktionsbedingungen inerte Gase lassen sich im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft Luft oder Stickstoff verwenden. Es werden mit besonderem Vorteil Gasmischungen von SO_3 mit Luft oder Stickstoff verwendet, in denen der Anteil von SO_3 im Bereich von 1 bis 10 Vol.-% liegt. Damit läßt sich ohne Schwierigkeiten eine Temperaturführung im Bereich von 10 bis 40° C erreichen.

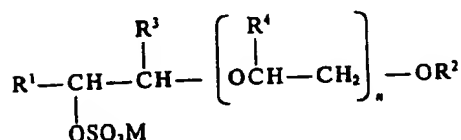
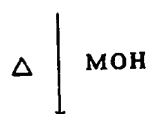
Der oben beschriebene zweite Reaktionsschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch das nachfolgende Reaktionsschema verdeutlicht:



(I)



(II; mit M = H)



(III)

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren wird nachfolgend das rohe Sulfierprodukt in eine wäßrige, basische Lösung eingetragen und das Gemisch anschließend bei erhöhter Temperatur gehalten. In einer bevorzugten Ausführungsform wird als wäßrige, basische Lösung eine Alkalimetallhydroxide, Ammoniak, ein oder mehrere Alkylamine mit 1 bis 4 C-Atomen pro Alkylgruppe oder ein oder mehrere Alkanolamine mit 1 bis 4 C-Atomen pro Alkanolrest enthaltende Lösung vorgelegt, in die das rohe Sulfierprodukt sukzessive eingetragen wird. Mit besonderem Vorteil wird wäßrige Natronlauge oder Kalilauge oder eine Lösung mit Ammoniak, einem oder mehreren C₁- und/oder C₂-Alkylaminen und/oder einem oder mehreren C₁- und/oder C₂-Alkanolaminen als basischen Komponenten verwendet. Bei Verwendung ammoniakalischer oder Amine enthaltender Lösungen tritt anstelle eines Metallatoms in der allgemeinen Formel (II) die entsprechende Ammoniumgruppe. Bei der erfindungsgemäß bevorzugten Verwendung wäßriger Alkalimetallhydroxide, insbesondere NaOH oder KOH enthaltender Lösungen wird die Konzentration an Alkalimetallhydroxid so gewählt, daß sie im Bereich von 1,0 bis 1,3 Mol Alkalimetallhydroxid pro Mol angelagertes SO₃ liegt. Diese Konzentration an Alkalimetallhydroxid in der vorgelegten Lösung hat den Vorteil, daß nicht nur eine vollständige Überführung des sauren Sulfatierungsproduktes in das entsprechende Alkalimetallsalz stattfindet, sondern auch die im nachfolgenden Verfahrensschritt erfolgende pH-Wert-Einstellung nur eine begrenzte Säurezugabe erfordert.

Nach dem Eintrag des rohen Sulfierproduktes in die wäßrige basische Lösung wird das Reaktionsgemisch eine Zeit lang bei erhöhter Temperatur gehalten. Bevorzugt liegt diese Temperatur im Bereich von 60 bis 100°C, wobei sich in der Praxis ein Wert von ungefähr 95°C über eine Zeit von ca. 30 min bewährt hat.

Der voranstehend beschriebene Reaktionsschritt wird durch das obige Reaktionsschema näher verdeutlicht.

Vor der weiteren Verwendung der auf diesem Wege erhaltenen Verfahrensprodukte der allgemeinen Formel (II) wird das Reaktionsgemisch auf einen pH-Wert im neutralen oder schwach alkalischen Bereich gebracht.

Dies geschieht im einfachsten Falle dadurch, daß man das im voranstehend beschriebenen Verfahrensschritt erhaltene Reaktionsgemisch mit verdünnten Mineralsäuren, beispielsweise mit verdünnter Schwefelsäure, neutralisiert. Anschließend kann, sofern dies gewünscht wird, das so erhaltene Produkt (II) oder eine Mischung mehrerer derartiger Verbindungen aus dem Reaktionsgemisch isoliert werden.

Gegenüber Verfahren aus dem Stand der Technik weist das vorliegende Verfahren, abgesehen von der Bildung neuer und gegenüber dem Stand der Technik verbesserter Produkte (II), den wesentlichen Vorteil auf, daß aus einfach in guten Ausbeuten zugänglichen Edukten die Verbindungen der allgemeinen Formel (II) auch im industriellen Maßstab hergestellt werden können. Dabei werden gute Sulfiergrade erreicht, und es entstehen die gewünschten Verbindungen in hoher Qualität und Reinheit, wenn man von der Bildung von Produktmischun-

gen absieht, die die Verwendbarkeit der erhaltenen Verbindungen (II) in keiner Weise einschränken.

Die wie oben beschriebenen herstellbaren Verbindungen der allgemeinen Formel (II) oder auch die verfahrensgemäß erhaltenen Mischungen derartiger Verbindungen werden als Netzmittel und Waschmittelrohstoffe verwendet. Für diese Verwendung weisen die erhaltenen Verbindungen (II) den Vorteil auf, daß sie schaumarm sind.

- 5 Darüber hinaus lassen sich die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbindungen der allgemeinen Formel (II) vollständig biologisch abbauen. Aufgrund der linearen Endgruppen sind sie einem mikrobiellen Abbau schon in relativ kurzer Zeit zugänglich und lassen eine langfristige Belastung des Wassers nicht befürchten. Derartige Verbindungen enthaltende Abwässer belasten die Umwelt somit nicht.

Die Erfindung wird durch die nachfolgenden Beispiele näher erläutert. Im Beispielteil werden folgende
10 Abkürzungen verwendet:

- WAS = Waschaktivsubstanz (Sulfonat- und Sulfatanteil);
AS = Aktivsubstanz (Trockenrückstand abzüglich anorganischer Salze und unsulfierter Anteile);
US = unsulfonierter Anteil;
15 SG = Sulfiergrad;
TR = Trockenrückstand.

Beispiel 1

- 20 Als Ausgangsmaterial diente ein Umsetzungsprodukt aus 1 Mol 1,2-Epoxyoctan und 1 Mol Anlagerungsprodukt von 10 Mol Ethylenoxid an n-Butanol.

In einem Labor-Standreaktor, der mit 162,6 g (0,282 Mol) des Ausgangsmaterials gefüllt und auf 35°C erwärmt war, wurden innerhalb von 15 min 23,7 g (0,296 Mol) gasförmiges (aus 36,4 g Oleum ausgetriebenes) Schwefeltrioxid über ein Tauchrohr eingeleitet. Das Reaktionsgemisch wurde mit 24,8 g (0,311 Mol) einer 50 gew.-%igen wäßrigen Lösung von Natriumhydroxid neutralisiert und anschließend 30 min bei 95°C gerührt. Zuletzt wurde
25 mit verdünnter Schwefelsäure auf einen pH-Wert von 7,5 eingestellt und der verwendete Indikator (Phenolphthalein) mit 1 ml einer 13 gew.-%igen wäßrigen Natriumhypochloritlösung zerstört.

Folgende Analysendaten wurden ermittelt:

- 30 SG 85,6 Gew.-%
TR 33,4 Gew.-%
AS 31,1 Gew.-%
WAS 26,6 Gew.-%
US 3,8 Gew.-%
35 NaCl 0,07 Gew.-%
Na₂SO₄ 2,2 Gew.-%

Beispiel 2

- 40 Als Ausgangsmaterial wurde ein Umsetzungsprodukt aus 1 Mol 1,2-Epoxytetradecan und 1 Mol Anlagerungsprodukt von 10 Mol Ethylenoxid an n-Butanol eingesetzt.

In einem Planschliffkolben wurden 286,5 g (0,5 Mol) des Ausgangsmaterials vorgelegt. Durch eine Tropftrichter mit Druckausgleich und verlängerter Tropfspitze (Tauchrohr) wurden innerhalb von 20 min 61,2 g (0,525 Mol) Chlorsulfonsäure durch einen schwachen Argonstrom eingetragen, wobei die Temperatur 30°C
45 nicht überschritt. Das Reaktionsgemisch wurde mit 44,1 g einer 50 gew.-%igen wäßrigen Lösung von Natriumhydroxid neutralisiert und auf 750 g Paste aufgefüllt. Folgende Analysendaten wurden ermittelt:

- SG 96,1 Gew.-%
TR 48,9 Gew.-%
50 AS 47,6 Gew.-%
WAS 46,2 Gew.-%
Na₂SO₄ 1,3 Gew.-%

Beispiel 3

- 55 Entsprechend der in den Beispielen 1 und 2 beschriebenen Vorgehensweise wurden weitere Verbindungen der allgemeinen Formel (II) hergestellt, die in der nachfolgenden Tabelle 1 charakterisiert sind.

60

65

Tabelle 1

Hergestellte Verbindungen der allgemeinen Formel (II)

 $(R^2 = C_4H_9, R^3 = R^4 = H, M = Na)$ (Sulfierung mit SO_3)

Bsp. 3	R ¹	n	SG (Gew.-%)	TR	AS	US	WAS	
a	C ₈ H ₁₇	5	95,2	53,3	51,2	1,9	47,1	10
b	C ₁₀ H ₂₁	5	81,3	55,5	53,7	8,4	44,6	
c	C ₁₂ H ₂₅	5	84,1	57,0	55,3	7,6	48,3	
d	C ₁₄ H ₂₉	5	85,2	27,0	25,9	3,2	22,1	
e	C ₈ H ₁₇	10	83,5	39,7	38,2	5,3	31,4	15
f	C ₁₀ H ₂₁	10	78,8	38,9	37,9	7,1	30,4	
g	C ₁₂ H ₂₅	10	80,8	44,7	43,4	7,5	36,6	
h	C ₁₄ H ₂₉	10	79,6	49,1	47,8	8,8	39,4	
i	C ₁₆ H ₃₃	10	76,1	45,9	44,4	9,9	35,8	
j	C ₆ H ₁₃	1	96,9	48,8	45,7	0,9	40,0	20
k	C ₈ H ₁₇	1	97,3	31,0	48,4	0,9	44,6	
l	C ₁₀ H ₂₁	1	88,8	41,5	39,3	3,4	35,8	
m	C ₁₂ H ₂₅	1	83,7	33,0	31,4	4,1	27,5	
n	C ₆ H ₁₃	2	98,7	58,7	54,3	0,5	51,3	
o	C ₈ H ₁₇	2	97,5	52,3	49,3	0,9	47,1	25
p	C ₁₀ H ₂₁	2	95,8	55,1	51,9	1,6	48,2	
q	C ₁₂ H ₂₅	2	86,9	51,3	48,2	5,2	44,3	
r	C ₁₄ H ₂₉	2	85,3	36,9	34,5	4,4	32,2	
s	C ₆ H ₁₃	5	96,0	51,3	48,9	1,5	45,5	
t	C ₁₆ H ₃₃	5	89,1	48,4	46,7	4,3	42,0	30

Beispiel 4

Entsprechend der in den Beispielen 1 und 2 beschriebenen Vorgehensweise wurden weitere Verbindungen der allgemeinen Formel (II) hergestellt, in der R¹, R² und n die in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführten Bedeutungen haben. Die erhaltenen Verbindungen sind ebenfalls in der nachfolgenden Tabelle 2 charakterisiert.

Tabelle 2

Weitere Verbindungen der allgemeinen Formel (II)

 $(R^3 = R^4 = H; M = Na)$ (Sulfierung mit SO_3)

Bsp. 4	R ¹	R ²	n	SG (Gew.-%)	TR	AS	US	WAS	
a	C ₁₀ H ₂₁	CH ₃	1	95,5	46,2	42,4	1,1	37,2	
b	C ₁₂ H ₂₅	CH ₃	1	87,3	36,5	31,8	3,0	27,8	50
c	C ₁₀ H ₂₁	CH ₃	2	97,1	43,9	42,2	0,8	36,3	
d	C ₁₂ H ₂₅	CH ₃	2	93,3	36,7	34,9	1,6	29,1	
e	C ₁₀ H ₂₁	i-C ₉ H ₁₉	10 ¹⁾	75,3	52,2	51,2	11,3	40,1	
f	C ₁₂ H ₂₅	i-C ₉ H ₁₉	10 ¹⁾	76,3	43,8	43,0	8,0	33,5	
g	C ₁₀ H ₂₁	C _{12/13} H _{25/27} ²⁾	7	87,5	50,3	48,8	5,6	45,7	55
h	C ₁₂ H ₂₅	C _{12/13} H _{25/27} ²⁾	7	87,7	36,2	35,1	3,9	32,3	
i	C ₁₂ H ₂₅	C _{12/13} H _{25/27} ²⁾	2	81,6	32,5	31,3	5,4	29,1	

Erläuterungen:

- 1) Verbindungen 4e und 4f: R⁴ = CH₃; entsprechend n für 10 Mol PO;
 2) eingesetzter Alkohol: Dobanol® 23 der Firma Shell.

Beispiel 5

Das Netzvermögen der entsprechend den Beispielen 1 bis 4 erhaltenen Verbindungen wurde entsprechend der Vorschrift nach DIN 53 901 bestimmt. Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3

Netzvermögen nach DIN 53 901

5	Verbindung aus Beispiel Nr.	Netzzeit (sec)
	1	> 300
	2	96
10	3a	58
	3b	17
	3c	24
	3d	55
	3e	100
15	3f	61
	3g	87
	3h	130
	3i	198
	3j	51
20	3k	38
	3l	16
	3m	41
	3n	66
	3o	50
25	3p	12
	3q	23
	3r	56
	3s	191
	3t	132
30	4a	134
	4b	49
	4c	166
	4d	127
	4e	78
35	4f	115
	4g	174
	4h	> 300
	4i	> 300

40

Beispiel 6

In einem gesonderten Test wurde das Schaumvermögen der erfindungsgemäßen Verbindungen der allgemeinen Formel (II) bestimmt. Dazu werden jeweils 100 ml einer wäßrigen Lösung der Verbindungen der allgemeinen Formel (II) (Konzentration: 1 Gew.-% AS) in einem 250 ml-Standzylinder mit Graduierung fünfmal geschüttelt. Das Schaumvolumen wurde jeweils sofort nach dem Schüttelvorgang, nach 1, 3 und 5 min abgelesen.

Es wurde für die Herstellung der Tensidlösungen Wasser mit 0° dH und mit 16° dH verwendet.

Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle 4 zu entnehmen.

50

55

60

65

Tabelle 4

Verb. aus Bsp. Nr.	Schaummenge (ml)		nach 1'		nach 3'		nach 5'		5
	sofort								
	0°dH	16°dH	0°dH	16°dH	0°dH	16°dH	0°dH	16°dH	
1	230	230	180	180	170	170	150	160	
2	210	200	70	120	10	50	8	20	10
3a	300	300	250	250	250	220	180	180	
3b	250	250	180	200	140	170	75	150	
3c	250	200	150	140	105	110	40	60	15
3d	100	120	60	70	30	30	20	20	
3e	200	180	145	125	130	120	120	120	
3f	200	200	150	150	130	140	70	110	20
3g	200	200	100	110	10	80	10	40	
3h	110	120	10	50	6	25	2	10	
3i	90	100	25	45	20	40	20	30	
3j	300	300	180	200	140	170	70	160	25
3k	300	300	250	250	180	200	150	180	
3l	300	300	210	210	200	190	180	170	
3m	180	160	140	120	120	90	90	70	30
3n	300	300	250	250	230	230	150	170	
3o	300	300	180	250	150	200	50	180	
3p	300	300	210	200	210	150	210	100	35
3q	180	180	130	130	70	100	40	70	
3r	120	120	70	70	50	50	50	50	
3s	300	250	250	200	200	180	170	150	40
3t	80	100	30	40	30	30	30	30	
4a	300	300	250	250	200	200	190	190	
4b	300	300	200	190	160	160	110	100	
4c	220	200	170	150	150	130	70	90	45
4d	140	140	80	70	45	25	25	20	
4e	180	150	120	90	100	70	50	50	
4f	140	140	90	80	35	40	30	30	50
4g	140	160	90	110	70	110	50	80	
4h	140	140	40	70	30	70	30	50	
4i	120	120	60	60	30	50	30	40	55

Beispiel 7

Fünf der gemäß den Beispielen 1 bis 4 hergestellten Verbindungen wurden hinsichtlich ihrer biologischen Abbaubarkeit im sogenannten GF-Test (GF = geschlossene Flasche) untersucht. Dieser Test ist beschrieben in W. K. Fischer, "Zeitschrift Tenside/Detergents" 8, 182 (1971).

Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5

Testergebnisse des GF-Tests auf biologische Abbaubarkeit

5	Verb. aus Bsp.	BSB ₃₀ /COD (%)
	3s	55
	3t	> 60
	4f	> 60
10	4h	> 60
	4i	> 60

Ergebnis:

Entsprechend der Bewertung des literaturbeschriebenen GF-Tests sind also von den fünf aufgeführten Verbindungen

15

- die des Beispiels 3s als gut und
- die der restlichen vier Beispiele als sehr gut biologisch abbaubar einzustufen.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65